



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21), (22) Заявка: **2008146275/28**, **24.11.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**24.11.2008**(45) Опубликовано: **10.01.2010** Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **МИЛЬМАН И.И., НИКИФОРОВ С.В.,  
КОРТОВ В.С., КИЛЬМЕТОВ А.К.  
«КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДЕТЕКТОРОВ  
ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ  
ДЕФЕКТОСКОПИИ,  
ДЕФЕКТОСКОПИЯ», 1996, №112, с.64-70,  
рис.1. RU 2270462 C1, 20.02.2006. US 6586752  
B1, 01.07.2003. US 4224519 A, 23.09.1980.**

Адрес для переписки:  
**620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,  
УГТУ-УПИ, центр интеллектуальной  
собственности**

(72) Автор(ы):

**Вохминцев Александр Сергеевич (RU),  
Вайнштейн Илья Александрович (RU),  
Кортвов Всеволод Семенович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

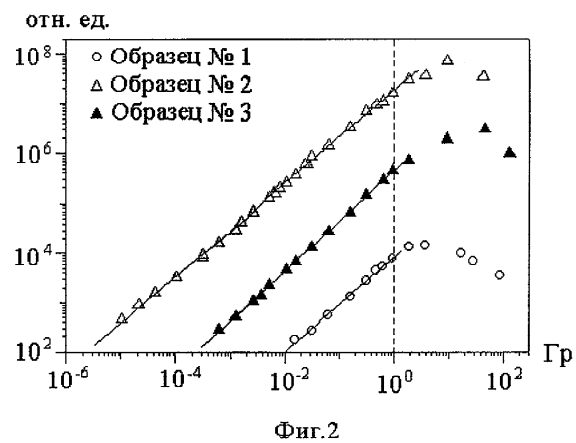
**Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Уральский государственный  
технический университет-УПИ имени  
первого Президента России Б.Н. Ельцина"  
(RU)**

**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ В  
ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНОМ ДЕТЕКТОРЕ НА ОСНОВЕ АНИОНО-ДЕФЕКТНОГО  
МОНОКРИСТАЛЛА ОКСИДА АЛЮМИНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в персональной дозиметрии, при мониторинге радиационной обстановки, при археологическом и геологическом датировании, в аварийной дозиметрии. Устройство включает блок нагрева указанного детектора, а также блок регистрации термолюминесцентного свечения этого детектора. Выход блока регистрации термолюминесцентного свечения соединен со входом блока оценки поглощенной дозы по параметрам полученной кривой термовысвечивания. Сущность изобретения заключается в том, что указанный блок выделения длин волн выполнен с

характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн только в пределах диапазона от 500 до 570 нм. Дополнительно устройство отличается тем, что блок выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения выполнен с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн в любом поддиапазоне указанного диапазона длин волн, имеющем ширину не более 30 нм, в частности, в поддиапазоне от 520 нм до 550 нм. Обеспечивается увеличение верхней границы линейного диапазона дозовой зависимости и повышение точности оценки поглощенной дозы  $\beta$ -излучения. 3 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*G01T 1/11* (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008146275/28**, **24.11.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**24.11.2008**

(45) Date of publication: **10.01.2010 Bull. 1**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19, UGTU-  
UPI, tsentr intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Vokhmintsev Aleksandr Sergeevich (RU),  
Vajnshtejn Il'ja Aleksandrovich (RU),  
Kortov Vsevolod Semenovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovaniya  
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet-UPI imeni pervogo Prezidenta Rossii  
B.N. El'tsina" (RU)**

## (54) DEVICE FOR DETERMINING ABSORBED DOSE OF BETA RADIATION IN THERMOLUMINESCENT DETECTOR BASED ON ANION-DEFECT MONOCRYSTAL OF ALUMINIUM OXIDE

(57) Abstract:

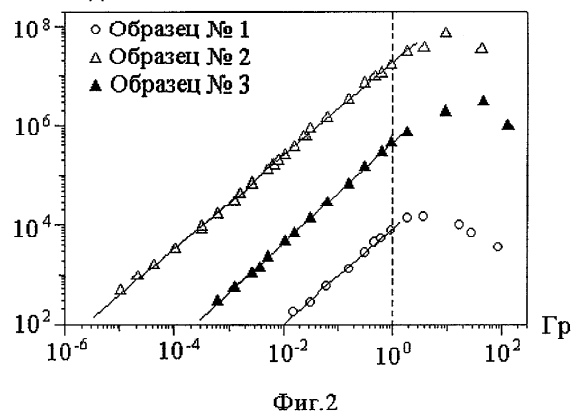
FIELD: nuclear physics.

SUBSTANCE: invention can be used in personal dosimetry, in monitoring radiation environment, in archeological and geological dating and in accident dosimetry. The device includes a unit for heating the said detector, as well as a unit for picking up thermoluminescence of this detector. The output of the unit for picking up thermoluminescence is connected to the input of the unit for evaluating the absorbed dose from parametres of the obtained thermoluminescence curve. The essence of the invention lies in that, the said unit for picking up wavelengths is made with characteristics which provide a function for picking up wavelengths only in the range from 500 to 570 nm. Further, the device is distinguished by that, the said unit for picking up wavelengths of the detected thermoluminescence is made with characteristics which provides a function for picking up wavelengths in any subrange of the

said wavelength range, with width of not more than 30 nm, particularly in the subrange from 520 nm to 550 nm.

EFFECT: increased upper limit of the linear range of the dose characteristic and increased accuracy of evaluating absorbed dose of  $\beta$ -radiation.

3 dwg  
отн. ед.



Фиг. 2

Изобретение относится к радиационной физике, а именно к устройствам для оценки накопленной дозы ионизирующего  $\beta$ -излучения с использованием твердотельных термолюминесцентных детекторов, и может быть применено в индивидуальной и клинической дозиметрии, при мониторинге радиационной обстановки на ядерных реакторах, ускорителях, в лабораториях и на производствах с источниками заряженных частиц, при археологическом и геологическом датировании, в аварийной и ретроспективной дозиметрии.

Регистрация и измерение поглощенной дозы  $\beta$ -излучения представляет особый интерес при персональной, клинической дозиметрии, например, для определения уровней облучения кожных покровов человека. Сложности при этом обуславливаются необходимостью работы с относительно невысокими значениями доз и нелинейностью дозовой зависимости (зависимости измеренного значения интенсивности термолюминесцентного излучения от величины поглощенной дозы, построенной в двойных логарифмических координатах).

Известно, что повышенной чувствительностью к  $\beta$ -излучению обладают термолюминесцентные детекторы на основе анионо-дефектных монокристаллов окиси алюминия ( $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ ) [M.S.Akselrod and V.S.Kortov, Thermoluminescent and Exoemission Properties of New High-Sensitivity TLD  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$  Crystals, Radiation Protection Dosimetry, 1990, vol.33, #1/4, pp.123-126 или Reuven Chen, Stephen W.S.McKeever, Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena, World Scientific, 1997, p.297].

В отечественной и зарубежной практике получили распространение твердотельные термолюминесцентные детекторы на основе анионо-дефектных монокристаллов оксида алюминия, имеющие обозначение ТЛД-500 [патент РФ № 2229145].

Выявленные в процессе эксплуатации этих детекторов недостатки устраняются применением различных способов обработки веществ, из которых изготавливаются детекторы. Как отмечено в рассматриваемом патенте РФ, в частности, недостатком термолюминесцентных детекторов на основе анионо-дефектных монокристаллов окиси алюминия является явно выраженный нелинейный участок дозовой зависимости, ограничивающий верхнее значение диапазона измерений [патент РФ № 2229145, фиг.5]. Согласно другому источнику [В.С.Кортов, И.И.Мильман, С.В.Никифоров, Е.В.Мосейкин, Механизм формирования нелинейности дозового выхода термостимулированной люминесценции анионо-дефектных кристаллов  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Физика твердого тела, 2006, том 48, вып.3, стр.421-426, рис.1], детального исследования механизмов формирования нелинейности кристаллов  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  не проводилось, однако, выявлено, что при разных условиях измерений нелинейность (сверхлинейность) дозовой зависимости появляется при значениях поглощенной дозы от 0,192 Гр до 0,320 Гр и более (фиг.1).

Известно устройство для определения поглощенной дозы ионизирующего излучения [В.Штольц, Р.Бернхард, Дозиметрия ионизирующего излучения, пер. с англ., Рига, Зинатне, 1982, стр.97-98, рис.22], включающее дозиметрический датчик (термолюминесцентный кристаллофосфор), блок нагрева указанного дозиметрического датчика и блок регистрации (измерения интенсивности) термолюминесцентного свечения на основе фотоэлектронного умножителя с усилителем-преобразователем сигнала, самописцем кривой термовысвечивания и счетно-печатающим устройством. Такое устройство обеспечивает измерение интенсивности термолюминесцентного излучения (высвечивания) в каждый момент времени во всем диапазоне спектральной чувствительности фотоэлектронного

умножителя (умножителей разных типов), то есть, в широком диапазоне частот термолюминесцентного излучения, включающем, в частности, весь видимый спектр излучения. Так, согласно [Аксененко М.Д., Бараночников М.Л., Приемники

оптического излучения. Справочник, М., Радио и связь, 1987, стр.17, табл.2.1] фотоэлектронные умножители перекрывают область спектральной чувствительности от 160 до 1200 нм при наименьшей ширине диапазона 85 нм в области спектра от 215 до 320 нм.

Таким образом, в известном устройстве для измерения интенсивности термолюминесцентного свечения и оценки поглощенной дозы используются блоки выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения на основе фотоэлектронных умножителей разных типов, функционирующих в широкой области видимого спектра (шириной не менее 85 нм) и обеспечивающих измерения в широкой, неконкретизированной заранее области видимого спектра, с возможным включением в эту область нескольких цветовых областей.

Известно также [Applied Thermoluminescence Dosimetry, ed. Oberhofer, Sharmann, 1979, p.49, section 3.3.2.], что при оценке поглощенной дозы измеряется свечение термолюминесцентного детектора (термовысвечивание) в широком диапазоне спектра, исключаяющем только инфракрасное излучение. При этом измеряемая область спектра содержит разные цветовые области, включая синюю область с пиком интенсивности свечения на волне 420 нм. Это обеспечивает максимальную чувствительность измерений и обуславливает привлекательность измерений поглощенной дозы с использованием блоков выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, осуществляющих функцию выделения регистрируемого свечения в широкой области видимого спектра. В более позднем источнике [Reuven Chen, Stephen W.S.McKeever, Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena, World Scientific, 1997, p.513-514, section 11.2.6] также указывается, что нормой является измерение интенсивности термолюминесцентного свечения и построение кривой термовысвечивания с использованием широкополосных фильтров видимой области спектра, без выделения конкретных значений длин волн.

Однако именно при указанных условиях недостатком рассматриваемого аналога [В.Штольц, Р.Бернхард, Дозиметрия..., 1982, стр.97-98, рис.22], является, как указано выше [В.С.Кортов и др. Физика твердого тела, 2006, том 48, вып.3, стр.421-426, рис.1], наличие нелинейности (сверхлинейности) дозовой зависимости при величинах поглощенной дозы более  $0,192 \div 0,32$  Гр. Влияние сверхлинейности дозовой зависимости приводит к искажению результата оценки поглощенной дозы и является причиной снижения точности определения (оценки) поглощенной дозы при значениях поглощенной дозы, превышающих значения  $0,192 \div 0,32$  Гр. Ограничивается диапазон регистрируемых доз.

Известным является также устройство для определения параметров ионизирующего излучения [А.С.Вохминцев, И.А.Вайнштейн, Модернизация измерительного комплекса для исследования люминесценции кристаллов, Научные труды VIII отчетной конференции молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, часть 1, сб. статей, Екатеринбург, 2005, стр.143-144], включающее блок нагрева дозиметрического (термолюминесцентного) датчика, выполненный в виде нагревательного столика для размещения образца термолюминесцентного материала, имеющего свечение в видимой и ультрафиолетовой области при температуре выше комнатной, блок регистрации термолюминесцентного свечения на основе фотоэлектронного умножителя с усилителем, счетчиком импульсов, измерительно-управляющей платой

ввода-вывода PCL-818L и интерфейсом КАМАК. Между размещенным на нагревательном столике дозиметрическим датчиком и фотоэлектронным умножителем находится блок выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения в виде специального стекла или интерференционного  
 5 фильтра или монохроматора, каждый из которых используется в том или ином случае. Рассматриваемое устройство использовано при измерении люминесценции F-центров в образцах  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

Специальное стекло является фильтром, предназначенным для выделения  
 10 некоторого неконкретизированного в рассматриваемом устройстве диапазона длин волн, излучаемых дозиметрическим датчиком. Интерференционный фильтр позволяет выделять в свечении дозиметрического датчика также неконкретизированные в рассматриваемом устройстве диапазоны длин волн с шириной спектра до  $\pm 10$  нм. Монохроматор обеспечивает выделение неконкретизированных в рассматриваемом  
 15 устройстве длин волн с шириной спектра  $\pm 1 \div 3$  нм. В рассматриваемом устройстве, предназначенном для исследования люминесценции кристаллов, выбор диапазона или конкретной длины волны регистрируемого термолюминесцентного свечения, то есть, выбор конкретной в отношении длин волн характеристики используемого  
 20 специального стекла, интерференционного фильтра или монохроматора определяется задачей проводимых исследований, изучения свойств того или иного диапазона термолюминесцентного свечения.

Если же это устройство использовать для определения поглощенной дозы с учетом  
 25 указанной выше нормальной практики проведения измерений с использованием устройств, включающих блок выделения регистрируемого термолюминесцентного свечения в широкой области видимого спектра, то недостатком рассматриваемого устройства будет, как указано выше для предыдущего аналога, снижение точности определения (оценки) поглощенной дозы при повышенных значениях поглощенной  
 30 дозы (более  $0,192 \div 0,32$  Гр) вследствие влияния нелинейности дозовой зависимости, что приводит также к ограничению диапазона регистрируемых доз. А при случайном выборе диапазона (длины волны) регистрируемого термолюминесцентного свечения будет иметь место случайная, неопределенная ошибка в оценке поглощенной дозы, что приведет к непредсказуемой погрешности, недопустимо с точки зрения теории  
 35 измерений и в практике не используется.

Наиболее близким к предложенному техническому решению является устройство для определения поглощенной дозы ионизирующего  $\beta$ -излучения [И.И.Мильман, С.В.Никифоров, В.С.Кортов, А.К.Кильметов, Контроль качества детекторов  
 40 излучения для радиационной дефектоскопии. Дефектоскопия, 1996, № 112, стр.64-70, рис.1], включающее термолюминесцентный детектор на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия (ТЛД-500К), блок нагрева указанного термолюминесцентного детектора, блок регистрации свечения термолюминесцентного  
 45 детектора в виде фотоэлектронного умножителя с аналого-цифровым преобразователем и счетчиком импульсов, а также блок оценки поглощенной дозы на основе ЭВМ IBM PC. Между упомянутым блоком регистрации и термолюминесцентным детектором, на пути распространения свечения этого детектора, расположен блок выделения длин волн регистрируемого  
 50 термолюминесцентного свечения, выполненный в виде сменного фильтра или монохроматора.

Сменный фильтр предназначен для выделения некоторого неконкретизированного в устройстве-прототипе диапазона длин волн, высвечиваемых термолюминесцентным

детектором. Монохроматор обеспечивает выделение также неконкретизированных в рассматриваемом устройстве длин волн с шириной спектра  $\pm 1 \div 3$  нм. При случайном выборе характеристик сменного фильтра и монохроматора в отношении диапазона (длины волны) регистрируемого термолюминесцентного свечения будет иметь место

случайная, неопределенная ошибка в оценке поглощенной дозы, что приведет к непредсказуемой погрешности, недопустимо с точки зрения теории измерений и не используется. А при описанной выше нормальной практике проведения измерений в широкой области видимого спектра недостатком рассматриваемого

устройства-прототипа будет, как указано выше для предыдущего аналога, снижение точности определения (оценки) поглощенной дозы при повышенных значениях поглощенной дозы (более  $0,192 \div 0,32$  Гр) вследствие влияния нелинейности дозовой зависимости, а также ограничение области использования устройства при повышенных значениях поглощенных доз.

Задачей изобретения - устройства для определения поглощенной дозы  $\beta$ -излучения в термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия является повышение точности оценки поглощенной дозы  $\beta$ -излучения и расширение области использования устройства.

Для решения поставленной задачи устройство для определения поглощенной дозы ионизирующего  $\beta$ -излучения в термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия, включающее блок нагрева указанного детектора, а также блок регистрации термолюминесцентного свечения этого детектора, выход блока регистрации термолюминесцентного свечения соединен со входом блока оценки поглощенной дозы по параметрам полученной кривой термовысвечивания, причем между блоком регистрации термолюминесцентного свечения и термолюминесцентным детектором на пути распространения свечения упомянутого детектора расположен блок выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, отличается тем, что блок выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения выполнен с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн только в пределах диапазона от 500 до 570 нм.

Кроме того, устройство для определения поглощенной дозы ионизирующего  $\beta$ -излучения в термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия отличается тем, что блок выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения выполнен с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн в любом поддиапазоне вышеуказанного диапазона длин волн, имеющем ширину не более 30 нм, в частности, в поддиапазоне от 520 нм до 550 нм.

Технический результат изобретения - увеличение верхнего значения линейного диапазона дозовой зависимости до 1 Гр (фиг.2) за счет использования блока выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, выполненного с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн измерения интенсивности термолюминесцентного свечения детектора - анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия в пределах зеленой области видимого спектра, конкретно, только в пределах диапазона длин волн от 500 до 570 нм. Указанный отличительный признак устройства в совокупности с другими вышеуказанными существенными признаками устройства обеспечивает повышение точности определения (оценки) поглощенной дозы при повышенных значениях поглощенной дозы и, соответственно, расширяет область использования

предложенного устройства в сторону повышенных значений поглощенных доз. Предложенное изобретение путем увеличения верхней границы линейного диапазона дозовой зависимости от  $0,192 \div 0,32$  Гр (фиг.1) до 1 Гр (фиг.2) расширяет диапазон линейности дозовой зависимости в сравнении с прототипом от 3,1 до 5,2 раз.

При измерении интенсивности термолюминесцентного свечения с использованием блока выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, выполненного с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн, меньших чем 500 нм, существенно снижается верхнее значение линейного диапазона дозовой зависимости. При использовании блока выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, выполненного с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн, больших чем 570 нм, регистрируются составляющие термолюминесцентного свечения детектора, вносящие погрешности в оценку поглощенной дозы и существенно уменьшающие точность такой оценки. Эти составляющие обусловлены неконтролируемыми примесями материала термолюминесцентного детектора, тепловым фоном и влиянием глубоко расположенных ловушек анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия.

Описанная связь между отличительным признаком предложенного изобретения и новым техническим результатом экспериментально выявлена авторами изобретения.

Интенсивность термолюминесцентного свечения используемого термолюминесцентного детектора в предложенной зеленой области спектра (только в диапазоне  $500 \div 570$  нм) ниже интенсивности термолюминесцентного свечения в других областях видимого спектра. В частности, максимальная интенсивность свечения в предложенном авторами диапазоне длин волн на порядок ниже интенсивности пика свечения видимого спектра, находящегося в области синего свечения [вышеупомянутый источник M.S.Akselrod and V.S.Kortov, Radiation Protection Dosimetry, 1990, vol.33, #1/4, p.123, fig.1].

Повышение точности оценки поглощенной дозы за счет измерения интенсивности термолюминесцентного свечения только в низкоинтенсивном предложенном авторами диапазоне свечения и преодоление авторами изобретения описанного выше распространенного мнения о полезности измерений поглощенной дозы в области всего видимого спектра термолюминесцентного свечения указывают на неочевидность полученного технического результата.

Определение поглощенной дозы ионизирующего  $\beta$ -излучения в термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия с использованием блока выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, обладающего характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения в любом поддиапазоне диапазона  $500 \div 570$  нм, имеющем ширину не более 30 нм, в частности, в поддиапазоне длин волн от 520 нм до 550 нм, обеспечивает наибольшее повышение точности оценки поглощенной дозы в сравнении с прототипом предложенного устройства.

При использовании в устройстве блока выделения длин волн с поддиапазоном, большим чем 30 нм и не превышающим, естественно, ширину диапазона  $500 \div 570$  нм, равную 70 нм, точность оценки поглощенной дозы несколько ниже, чем при измерении в поддиапазоне с шириной, меньшей чем 30 нм, но является более высокой, чем при использовании прототипа изобретения. Расположение поддиапазона выделяемых длин волн внутри диапазона  $500 \div 570$  нм не является критически важным



для обеспечиваемой предложенным изобретением точности оценки поглощенной дозы. Нижний предел ширины поддиапазона определяется как разрешающей способностью конкретного блока выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, так и чувствительностью используемого приемника термолюминесцентного свечения. Например, при обычной разрешающей способности известных монохроматоров, равной 0,1 нм, для оценки поглощенной дозы достаточно чувствительности известных фотоэлектронных умножителей.

Изобретение поясняется чертежами:

фиг.1 - три полученные с помощью известных устройств дозовые зависимости [В.С.Кортов и др.. Физика твердого тела, 2006, том 48, вып.3, стр.421-426, рис.1], в которых нелинейность (сверхлинейность) появляется при значениях поглощенной дозы от 0,192 Гр до 0,32 Гр и более, зависимости получены при разных скоростях нагрева детектора 0,5 (№ 1), 2 (№ 2) и 6 (№ 3) К/с;

фиг.2 - полученные авторами с использованием предложенного устройства дозовые зависимости с нелинейностью, имеющей место только при значениях поглощенной дозы выше 1 Гр, где для образца №1 интенсивность термолюминесцентного свечения измерена в поддиапазоне длин волн 510÷512 нм, для образца №2 - в поддиапазоне длин волн 500÷570 нм, для образца №3 - в поддиапазоне длин волн 520÷550 нм;

фиг.3 - блок-схема предложенного устройства для определения поглощенной дозы  $\beta$ -излучения в термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия.

Устройство для определения поглощенной дозы  $\beta$ -излучения (фиг.3) включает термолюминесцентный детектор 1 на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ , блок 2 нагрева указанного детектора 1 и блок 3 регистрации термолюминесцентного свечения этого же детектора 1. Выход 4 блока 3 регистрации термолюминесцентного свечения соединен со входом 5 блока 6 оценки поглощенной дозы, причем между упомянутым блоком 3 регистрации и термолюминесцентным детектором 1 на пути распространения свечения 7 этого детектора расположен блок 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, обозначенный на фиг.3 как фильтр. Блок 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения выполнен с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн только в пределах диапазона от 500 до 570 нм (свечение 9).

Кроме того, блок 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения может быть выполнен с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн в любом поддиапазоне длин волн вышеуказанного диапазона, имеющем ширину не более 30 нм, в частности, в поддиапазоне от 520 нм до 550 нм.

Блок 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения может быть выполнен также с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн в любом поддиапазоне длин волн, находящемся внутри вышеуказанного диапазона 500÷570 нм, например, 500÷560 нм или 530÷570 нм.

Блок 2 нагрева включает нагревательный столик, на котором размещен детектор 1, и устройство регулировки мощности нагрева (на чертеже не показаны). Детектор 1 представляет собой образец стандартного термолюминесцентного детектора, например, типа ТЛД-500, представляющего собой номинально чистый анионо-дефектный монокристалл  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ .

Блок 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения 7 представляет собой фильтр из специального оптического стекла (типа ЖЗС-12),

осуществляющий функцию выделения (пропускания через себя) длин волн термолюминесцентного свечения в диапазоне 500÷570 нм (свечение 9). В случае выделения длин волн 9 в поддиапазоне, ширина которого меньше 10 нм, в качестве блока 8 может быть использован соответствующий интерференционный фильтр. При необходимости выделения более узкого поддиапазона длин волн используется дифракционный монохроматор, например, типа МДР-23.

Блок 3 регистрации термолюминесцентного свечения 9 представляет собой фотоэлектронный умножитель, например, типа ФЭУ-39А или ФЭУ-106 с усилителем и преобразователем сигнала (на чертеже не показаны).

Блок 6 оценки поглощенной дозы представляет собой (на чертеже не показано) микропроцессор или персональный компьютер (ЭВМ) с интерфейсом принятия сигнала от блока 3 регистрации термолюминесцентного свечения детектора 1. Блок 6 осуществляет функции задания значений температуры детектора 1, определения значений интенсивности термолюминесцентного свечения 9 при заданных значениях температуры, построения кривой термовысвечивания (зависимость интенсивности термолюминесцентного свечения 9 от температуры нагрева детектора 1), определения значения светосуммы указанной кривой и оценки поглощенной дозы по полученному значению светосуммы. Оценка поглощенной дозы может быть произведена также по интенсивности пика кривой термовысвечивания.

Для управления нагревом детектора 1 используется блок управления (на чертеже не показан), входы-выходы которого соединены с устройством регулировки мощности блока 2 нагрева и через соответствующий интерфейс - с микропроцессором или персональным компьютером блока 6 оценки поглощенной дозы. Функцию упомянутого блока управления может осуществлять сам указанный микропроцессор (персональный компьютер).

В ЭВМ блока 6 для оценки поглощенной дозы используются программы управления измерительной системой, регистрации кривых термовысвечивания и математические пакеты, в частности, Excel или Origin.

Устройство для определения поглощенной дозы  $\beta$ -излучения в термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла оксида алюминия работает следующим образом.

Измеряемый образец 1 (детектор 1, фиг.3) нагревается до первого установленного значения температуры, например, 373 К. С помощью фильтра 8 из термолюминесцентного свечения 7 этого образца 1 выделяется свечение 9, находящееся, в частности, в диапазоне 500÷570 нм. С помощью блоков 3 и 6 определяется интенсивность термолюминесцентного свечения при установленном значении температуры и строится первая точка кривой термовысвечивания. Далее через установленные периоды времени (например, 1 мс) производится линейный нагрев образца 1 до следующих значений температуры и аналогично строятся последующие точки кривой термовысвечивания, пока не будет достигнуто предельное значение температуры образца 1, например, 573 К. Нагрев осуществляется со скоростью от 0,2 до 10 К/с.

Данные о времени, прошедшем с начала измерений, температуре 1 и интенсивности его термолюминесцентного свечения 9, получаемые при помощи описанного устройства, записываются в файл данных. Файл данных обрабатывается математическим пакетом, по полученной кривой термовысвечивания определяется значение светосуммы или значение интенсивности пика указанной кривой, по которым производится оценка значения поглощенной образцом детектора 1 искомой

дозы  $\beta$ -излучения. Для этого измеряемый образец 1, подготовленный к последующему использованию (освобожденный от полученной ранее поглощенной дозы  $\beta$ -излучения), подвергается воздействию известного эталонного значения дозы (порядка  $0,01 \div 0,05$  Гр). Затем так же, как описано выше, определяется значение

эталонной светосуммы или эталонной интенсивности пика кривой

термовысвечивания. Искомое значение поглощенной дозы  $\beta$ -излучения образца 1

рассчитывается с помощью блока 6 оценки поглощенной дозы по следующим формулам:

$$D_{\text{иском}} = D_{\text{этал}} \frac{S_{\text{иском}}}{S_{\text{этал}}};$$

или

$$D_{\text{иском}} = D_{\text{этал}} \frac{I_{\text{иском}}}{I_{\text{этал}}},$$

где

$D_{\text{иском}}$  - искомое значение поглощенной дозы  $\beta$ -излучения, Гр;

$D_{\text{этал}}$  - эталонное значение поглощенной дозы  $\beta$ -излучения, устанавливаемое в пределах  $0,01 \div 0,05$  Гр;

$S_{\text{иском}}$  - искомое значение светосуммы искомой кривой термовысвечивания, отн.ед.;

$S_{\text{этал}}$  - эталонное значение светосуммы эталонной кривой термовысвечивания, отн.ед.;

$I_{\text{иском}}$  - искомое значение интенсивности пика искомой кривой термовысвечивания, отн.ед.;

$I_{\text{этал}}$  - эталонное значение интенсивности пика эталонной кривой термовысвечивания, отн.ед.

В таблице приведены результаты измерений и оценки поглощенной дозы  $\beta$ -излучения с помощью предложенного устройства (образцы №№1, 2 и 3) и с помощью известного устройства (образцы №№4 и 5) при четырех значениях тестовой поглощенной дозы (от 0,16 до 0,96 Гр). Эталонное значение поглощенной дозы  $\beta$ -излучения было установлено равным 0,03 Гр. Тестовые и эталонные значения поглощенной дозы в образцах детектора 1 устанавливались облучением этих образцов при комнатной температуре  $\beta$ -излучением  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -источника в приборе типа КДТ-02 с мощностью дозы в месте расположения образца 0,032 Гр/мин. Скорость нагрева образцов составляла 2 К/с. В качестве результатов применения устройств приведены значения погрешностей оценки искомой поглощенной дозы в процентах относительно эталонной поглощенной дозы. Допустимая погрешность оценки искомой поглощенной дозы равна  $\pm 15\%$ .

Тестовая поглощенная доза, Гр	Абсолютная погрешность оценки поглощенной дозы для образцов №№1-5, %				
	№1	№2	№3	№4	№5
0,16	6,3	0,0	0,0	0,0	12,5
0,32	9,4	12,5	8,2	18,8	56,3
0,64	12,5	9,4	9,0	23,4	53,1
0,96	14,6	10,4	9,5	32,3	63,5

Для образца № 1 измерение интенсивности термолюминесцентного свечения осуществлено в предложенном устройстве с помощью блока 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения, выполненного с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения длин волн в

поддиапазоне 510÷512 нм с использованием монохроматора типа МДР-23 в качестве  
указанного блока 8. Для образца №2 измерение интенсивности  
термолюминесцентного свечения осуществлено также предложенным устройством с  
помощью блока 8 выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного  
свечения, выполненного с характеристиками, обеспечивающими функцию выделения  
длин волн в поддиапазоне 500÷570 нм, с использованием в качестве блока 8  
интерференционного фильтра. Измерение интенсивности термолюминесцентного  
свечения для образца № 3 осуществлено также предложенным устройством,  
включающим в качестве блока 8 интерференционный фильтр с поддиапазоном длин  
волн 520÷550 нм.

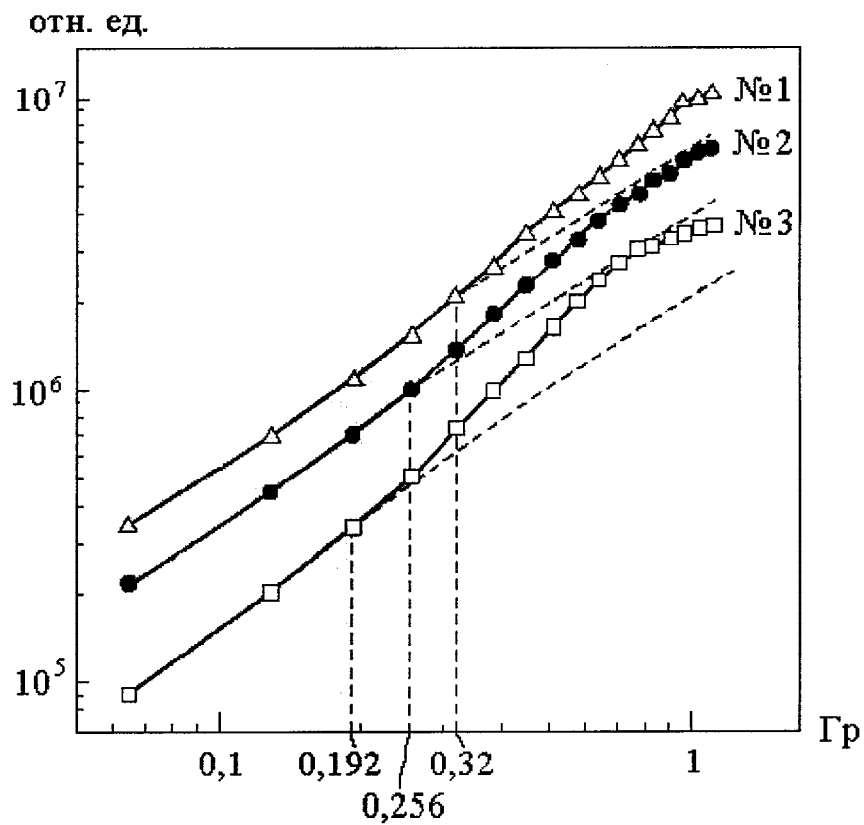
Измерение интенсивности термолюминесцентного свечения образца № 4  
осуществлено известным устройством с блоком 8 выделения длин волн  
регистрируемого термолюминесцентного свечения, выполненным с характеристиками,  
обеспечивающими функцию выделения длин волн в поддиапазоне 485÷595 нм, с  
использованием в качестве блока 8 оптического стекла типа ЖЗС-12. Для образца № 5  
измерение интенсивности термолюминесцентного свечения осуществлено известным  
устройством с блоком 8 выделения длин волн регистрируемого  
термолюминесцентного свечения, выполненным с характеристиками,  
обеспечивающими функцию выделения длин волн в поддиапазоне 420÷422 нм, при  
этом в качестве блока 8 использован монохроматор типа МДР-23.

Из таблицы видно, что при использовании известного устройства (образцы №№  
4, 5) погрешность оценки поглощенной дозы  $\beta$ -излучения находится в допустимых  
пределах (менее 15% по абсолютной величине) только для минимального значения  
поглощенной дозы, равного 0,16 Гр. Применение известного устройства для более  
высоких значений поглощенной дозы (от 0,32 до 0,96 Гр) дает недопустимо высокие  
погрешности (от 18,8 до 63,5%).

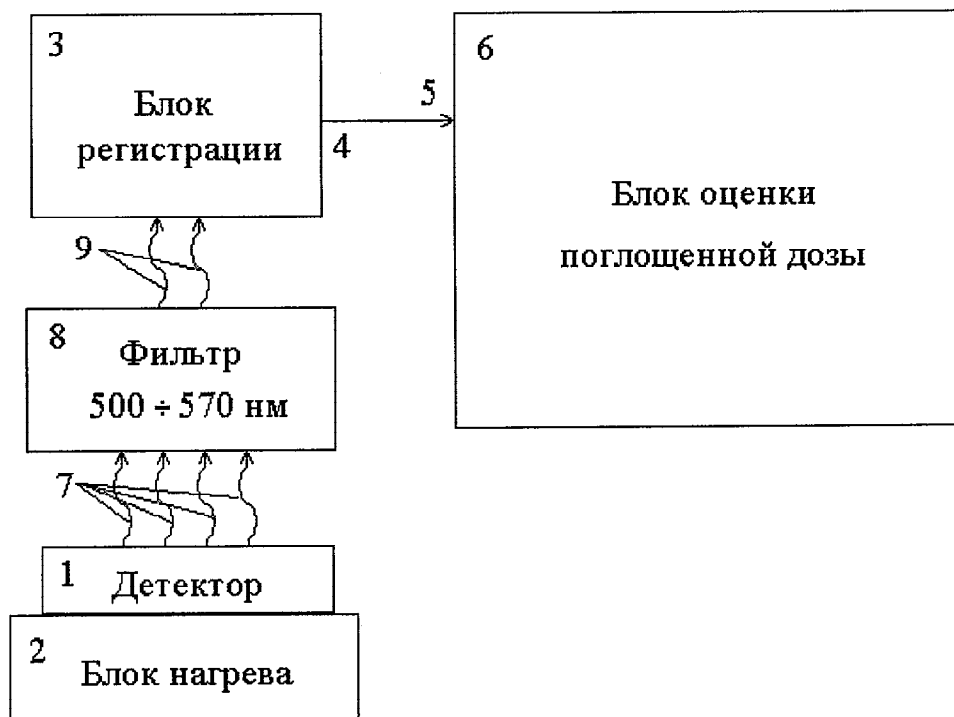
Полученные погрешности оценки поглощенной дозы  $\beta$ -излучения предложенным  
устройством (образцы №№ 1, 2, 3) находятся в допустимых пределах (от 0 до 10,4%) в  
широком диапазоне доз - от 0,16 Гр до 0,96 Гр.

#### Формула изобретения

Устройство для определения поглощенной дозы ионизирующего  $\beta$ -излучения в  
термолюминесцентном детекторе на основе анионо-дефектного монокристалла  
оксида алюминия включает блок нагрева указанного детектора, а также блок  
регистрации термолюминесцентного свечения этого детектора, выход блока  
регистрации термолюминесцентного свечения соединен со входом блока оценки  
поглощенной дозы по параметрам полученной кривой термовысвечивания, причем  
между блоком регистрации термолюминесцентного свечения и термолюминесцентным  
детектором на пути распространения свечения упомянутого детектора расположен  
блок выделения длин волн регистрируемого термолюминесцентного свечения,  
отличающееся тем, что блок выделения длин волн регистрируемого  
термолюминесцентного свечения выполнен с характеристиками, обеспечивающими  
функцию выделения длин волн только в пределах диапазона от 500 до 570 нм.



Фиг.1



Фиг.3